

委員会報告

「コンクリート構造物の緑化設計法研究委員会報告」

幹事 岡本 享久(日本セメント(株)中央研究所)

〈委員長〉	長滝 重義	(東京工業大学)		
〈副委員長〉	半田 真理子	(建設省土木研究所)	堀口 剛	(ジャグラス)
〈幹事〉	岡本 享久	(日本セメント)	二羽 淳一郎	(名古屋大学)
	梅干野 晁	(東京工業大学)		
〈委員〉	石神 忍	(千葉工業大学)	津吉 毅	(東日本旅客鉄道)
	井上 武	(日本道路公団)	縄田 初夫	(東海コンクリート工業)
	稲原 博	(秩父セメント)	橋本 千代司	(住宅・都市整備公団)
	枝広 英俊	(芝浦工業大学)	増井 直樹	(大林組)
	遠藤 達巳	(電力中央研究所)	前川 宏一	(東京大学)
	金子 誠二	(大成建設)	安形 良一	(清水建設)
	坂田 昇	(鹿島建設)	安田 登	(東京電力)
	佐久間 護	(竹中工務店)		

1. 委員会活動の概要

コンクリート構造物の「緑化」はコンクリート構造物と自然との調和・融和を計る重要な手段であり、環境保全をコンクリート構造物の設計に取り組む有用な方法の一つである。

日本コンクリート工学協会ではこのような状況を踏まえて、1992年に「コンクリート構造物の緑化設計法研究委員会」を設置し、3つの作業部会が以下に示す課題を持って活動を行ってきた。

- (1) 「緑化したコンクリート構造物の景観評価」に関する作業部会：緑化したコンクリート構造物に対し、構造物を代表的な4領域に区分して、チェックリスト方式による評価方法を作成した。
- (2) 「コンクリート構造物への緑化による周辺環境への物理的効用」に関する作業部会：既往の関連文献から、緑化の効用として、水収支、温度、遮音・吸音、大気浄化、防風・誘風、防火、生態の7項目に分類して、それぞれの効用に関する研究成果を整理した。
- (3) 「コンクリート構造物の耐久性に対する緑化の効用」に関する作業部会：緑化によるコンクリート構造物の耐久性の向上に関する定量評価を検討した。内容としてJ C I・C 24「鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方」に掲載されている設計例を利用して、緑化がコンクリートの中性化・塩害の抑制に及ぼす影響を定量化する試みを行った。

これらの課題は学際領域のテーマであり、委員にはコンクリートを専門にしている方々以外に、理学・農学を専門にしている方々にも参加していただいた。1992年から2年間に、本委員会が9回と、各作業部会が9回ずつ27回の計36回が開催された。

以下に各作業部会の活動成果の概要を報告する。

2. 緑化したコンクリート構造物の景観評価

2. 1 景観評価に関する現状と問題点

景観の予測とは、対象地域に対し、人工的改変が景観に与える影響あるいは現状、原案に対し

て新しい景観構成要素を加えた場合の影響を、視覚的・眺望的に再現することで、その手法¹⁾として正投影図、スケッチ・絵画、透視図、フォトモンタージュ、カラーシュミレータ、ビデオ、コンピュータグラフィックスおよび模型が挙げられる。予測された景観の評価であるが、景観の良し悪しは人の主観に基づいているために、具体的な数値で表すのは難しい。評価構造を説明する方法には歴史的・伝統的な景観分析とその応用、計量心理学的手法(S D=Semantic Differential法、系列範疇法など)がある^{2)・3)}が、まだ十分に解明されていない。生理学、文化人類学からのアプローチも必要とされている。たとえば、島谷⁴⁾は、一般的に広く支持される景観とは視覚的に美しく、景観の持つ意味がその場にぴったりとしている風景としている。緑化したコンクリート構造物の計量心理学的手法を用いた景観評価に関する論文⁵⁾も徐々に増加しつつあり、緑化面積率、コンクリート表面のテクスチャー、色彩などと心理量を結びつける試みは、緑化設計法確立への提案型の研究テーマであり、今後の発展が待たれる。

表-2. 1 緑化したコンクリート構造物の評価方法

2. 2 景観評価
方法の提案

景観評価の試みとして前述したような多彩な方法が提案されあるいは実施されている⁶⁾。しかしながら、設計実務への適用を考えたときに、前述の計量的な心理分析的方法をすぐ具体化し、適用することが難しいため、通常は単純かつ単便な方法を用いる場合が多い。本委員会では、これらの問題に対して、従来から多用されている方法の一つとしてチェックリスト方式を採用した。すなわち、緑化したコンクリート構造物の評価方法として表-2. 1を作成した。

評価項目	分類 位置付 具体例	I	II	III	IV	評価点 配慮1 中間 0~1 無し0
		面・立体的・自然 ダム、発電所、大規模斜面 I & II 自然公園、 廃棄物処理場	線の+自然 河川敷、海岸、山岳道路 II & III 郊外道路、 鉄道、岸壁、橋	線の+人工 街路(宅地商店)、擁壁、水路 III & IV 都市公園、 都市高速道路	面・立体的・人工 集合住宅地、駅、 商業地、学校、 ビル風乾燥機、 下水処理場	
基 本 条 件	コンセプト	目的機能との整合性 特徴の演出 (個性、ポリシー)	自然回帰 生態的配慮 構造物自体 の美観	自然と共生 境界線 反復連続性また はその遮断	潤い落ちき共存 安らぎの確保 街並への配慮 単調さの打開	潤い明るさ 華やかさ 機能美 躍動感
	緑化 と 周辺地域 と 周辺地域 と 構造物 と 緑化	気候・気象条件への 対応(日照、気温) 地形・地質条件への 対応(平地、斜面) 緑化空間特性への 配慮(スペースの形状) 周辺景観とのなじみ (地域性の配慮) 人工物と自然の調和 (コンクリートの緩和)	降雪、豪雨 凍結融解作用 傾斜地灌水 湧水地滑り 外来樹種と 在来種競合 山岳や溪谷 との調和	洪水、波浪 排水 塩害、多湿 冠水、排気ガス 清掃の容易性 遮音壁の圧迫感 水面や田園風景 船舶列車自動車 の均整	日射、乾燥など 南北向に配慮 造成地等平地地 への立体感創出 小規模空間への 緑化効果の演出 古都、下町 新興住宅地 コンクリート基部 への植栽	ビル風乾燥 植栽基盤 浸透性舗装 生育速度の均整 安らぎ潤い創出 街路、町並み 人工的均整美 直線ラスト コントラスト
選 択 の 項 目	緑 化 の 景 観	植栽範囲の的確さ (目的機能と整合)	切盛土への 植栽修復	機能を阻害 しない	庭園的、小規模 線的な緑化	コントラストの維持 隣接地との整合
		樹種の組合せ方法	地域の在来種 多様性、多種類	少品種大量 維持簡便種	庭木街路樹の適 正配置、高低木 動物とのバランス	街路樹と植込み 高草木バランス 背景とのバランス 高層構造物配慮
		立体感の創出 (ボリューム感) 統一性・対比の演出	曲線の修景 緩衝帯 人工美と自然美 の調和	見通しの良さ 遠近法の活用 領域境界線への 効果的配置工夫	建物と間隔配慮 動線に沿う配置 家屋建造物色彩 との統一・対比	背景とのバランス 高層構造物配慮 太陽光と夜間照 明の多面的配慮
	形 状 ・ 寸 法	樹木の形状選定	木本類の採用 周辺在来種調和	耐候、耐水性 機能阻害検討	境界に中高木 植込に低草木	花が咲く、紅葉 四季の変化 モニュメントの高木 開放的なスペース
		高さ調整 (高低の組合せ) 密度調整 (配置間隔の配慮)	高低混合型 将来成長予測 低密度 自然育成型	反復連続性	背景とのバランス (数m~10m)	同左
		視点との距離への 配慮(遠景、近景) 色相への配慮	遠景(X<1km) ハ・ノリ的 淡泊荘重	単純化	近景(X<10m) 水平視線(Y<5m)	近中景(X<100m) 3次元的(Y>10m)
	色 彩	アクセントによる 効果(シンボリック樹木)	構造物自体をシ ンボリック有効活用	不要	控えめ、同色系 公園内モニュメント	多色も可 バランス
		季節変化への対応 (樹木の季節感) 経時変化への対応 (樹木の年輪)	針葉樹、広葉樹 新緑、 長期的展望 エッジ手法	冬枯れ夏草への 配慮 ゴミ 洪水対策	花類、落葉樹 香り 街路樹に高木の 適用	四季の変化 憩いの場 剪定、除草、日 射、害虫駆除
		管理体制 (維持管理組織) 点検頻度 (定期的な管理) 付帯施設 (散水施設など)	レンジャー組織 林野庁林業組合 5~10年 必要最小限 機材格納所 案内板、説明図	被災時復旧体制 官庁公共事業体 被災時点検 通常年1回 散排水設備	町内会、自治会 公園管理者 日常点検 雑草 季節毎剪定管理 散水車・施設 害虫駆除剤散布	管理組合、企業 管理責任者 年数回の植栽維 持管理 照明設備 散排水設備
	オ プ シ ョ ン の 条 件	*1 配置	複数構造物のレイアウト (整然としたイメージ)	大小の組み合わせ	対象性の維持	街並の形成 高さの調整
形状・寸法 色彩		幾何学的美観 (単純化適正規模) 均一性(汚れや ひび割れの有無)	自然地形と調和 打設面の密実性	連続性的美観 同左	平坦面の回避 面取り、丸み 仕上げ材の維持 雨、埃	同左 原色を避け 中間色、暖色 日射面の白色光 沢面の回避
肌合い	コンクリート表面 (テクスチャーの工夫等)	曲線の適性配置	表面テクスチャー採用	凹凸含む仕上げ 表面テクスチャー採用		
総 合 評 価		{(該当項目の合計点) ÷ (該当項目数)} × 100点 (100点満点)				

*1) 構造物自体の景観評価が必要な場合のみ評価を行う。(特にコンクリートの品質や形状の悪い場合など)

(1) 景観評価の手順

景観評価の全体フローは図-2.1に示すとおりで、荷重条件に基づいてコンクリート構造物の形状断面が決定し、周辺環境に応じた緑化工法の検討ののち景観予測を行う。その後、表-2.1に基づく景観評価を行うが、チェックリストのうち「基本条件」に示した「コンセプト」ならびに「調和」は、構造物の緑化にとって最低限必要であると考え、その全ての項目に対して、少なくとも何らかの配慮がなされていることが「必須条件」とした。

(2) 緑とコンクリート調和

緑化したコンクリート構造物を考えるとき、植物とコンクリート構造物が相互により影響を及ぼしあう共生が究極の目的であることを念頭に、両者の間に良好な「調和」の関係が保持されていなくてはならない。さらに、対象とする構造物が置かれている周辺の環境も含めると、図-2.2に示すような全体像を描くことができる。評価項目の大分類として、「全体コンセプト」、「緑化による景観」ならびに「調和の有無」を設定した。

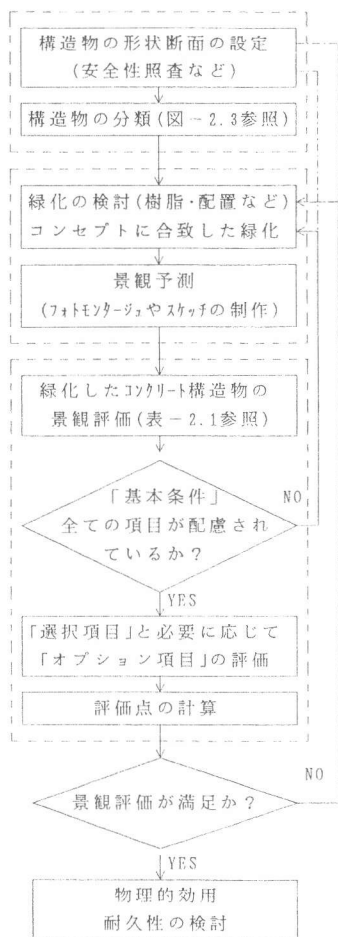
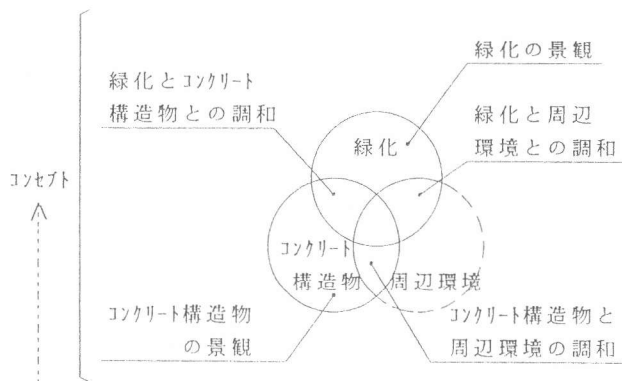


図-2.1 景観評価に当たっての全体フロー



本来の目的・機能を持った個々の構成要素が、お互いに融和し、景観上プラスαを創出する。

図-2.2 周辺環境を考慮した緑化とコンクリート構造物の全体像

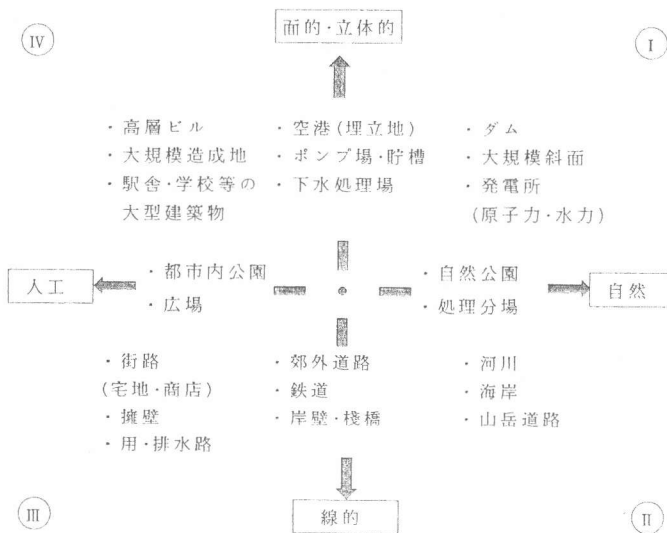


図-2.3 構造物の分類

(3) コンクリート構造物自体の景観評価

コンクリート構造物には、それ自体の設計において意匠的配慮が十分払われているものがある一方、安全性や耐久性は十分に満足するが経済性や標準化を優先するあまり無味乾燥なさらには嫌悪感を与えるようなものまで多種多様である。それらを画一的に景観評価の枠組みに組込むことは、時として良質なものを否定したり、劣悪なものを容認することになりかねない。従って、ここではコンクリート構造物自体の景観評価について、同時に行うか否かを設計者に委ねることによって、景観評価の対象をより広範囲なものとした。すなわち、チェックリストの中で構造物の条件に関する評価項目をオプションとして取り入れることにした。

(4) コンクリート構造物の分類

緑化されたコンクリート構造物は、その置かれた周辺環境に応じて、景観のとらえ方も変化する。このうち最も重要な要因の1つが視認距離と呼ばれる主要眺望地点と評価対象物との距離である。視認距離が異なれば、当然視野の広さや対象物の鮮明度も異なることから、一般に遠景と近景あるいは場合によって中景という具合に区分されることが多い。また、もう一つの重要な要因として、人工的な都市環境と、山や海が背景となる自然環境の区分がある。これらの要因を考慮せずに景観評価を行うことは「調和」が重要という立場に立つ以上無意味に近いが、視認距離と人工・自然環境の間には、多くの場合相互の相関が強く、両者を独立して区分することは得策ではない。

一方、周辺環境とともに忘れてならないのはコンクリート構造物それ自体の形態であり、大規模なものから連続したものや繊細なものなどと多彩である。これらの形態を区分する線の引き方には、何通りもあるが、具体的構造物を列挙して検討した結果、線的に連続した1次元的なものと、面的あるいは立体的に広がりをもつ2次元ならびに3次元的な形態に区分するとイメージを捉えやすい。

従って、周辺環境としては、視認距離を包含したものと考えて人工・自然の区分を1つの軸にさらに構造物の形態として連続・広がりや区分をもう1つの軸にとり、図-2、3に示す直交2軸で代表される、I～IVの4種類の象限に区分した。

(5) チェックリストの評点

緑化したコンクリート構造物の景観評価を実際に行う場合、対象となる構造物の分類(I～IV)を行い、各評価項目毎の配慮がなされているか否かをチェックし、評点を0(配慮無し)から1(配慮有り)の連続評価方式で評価する。分類が2つにまたがる場合は、その両方の項目のうち当てはまる記述を適宜選択して評価する。なお、対象とする緑化や構造物が必ずしもすべての評価項目に該当しない場合、つまり明らかに不必要であると判断できる場合は、該当する項目のみで評価を行い、総合評価の計算式に従い該当項目数を考慮して点数を付ける。

3. コンクリート構造物への緑化による物理的効用

3.1 概要

コンクリート構造物への緑化による物理的効用として、(1)水収支 (2)温度制御 (3)遮音・吸音 (4)大気浄化 (5)防風・誘風 (6)防火 (7)生態系 について調査・検討を行い、各物理的効用の導旨をとりまとめた。

3. 2 水収支

緑化が水収支に及ぼす影響として、「流出抑制効果」および「汚濁不荷重低減効果」があげられる。本項では、前者についてのみとりあげた。該当効果は、植栽による流出係数の低下により一般的に評価されている。表-3.1に示すように流出係数は、土地利用形態により異なり、緑化率の高い利用形態では、かなり小さくなっている。例えば、人工地盤(コンクリート)に緑化を行った場合、緑化面積が増加するに従い流出係数が小さくなり水収支が改善された事例が多く報告されている。

表-3.1 土地利用形態別流出係数[建設省]

土地利用形態	流出係数
道路	0.80~0.90
不浸透面(人工地盤等)	0.75~0.85
勾配の緩い山地	0.20~0.40
公園	0.05~0.25

3. 3 温度制御^{7)~10)}

緑化による微気象調節機能であり、夏季には温度上昇を抑制し、冬季には、保温効果を与える。構造物の屋上緑化および壁面緑化により顕著に生じることが従来の研究により示されている。図-3.1は、屋根に芝生を植えた場合とコンクリート床版のみの場合について、温度の比較を行った事例であり、屋上緑化により外気温の変化が室温に及ぼす影響が緩和されることを示している。

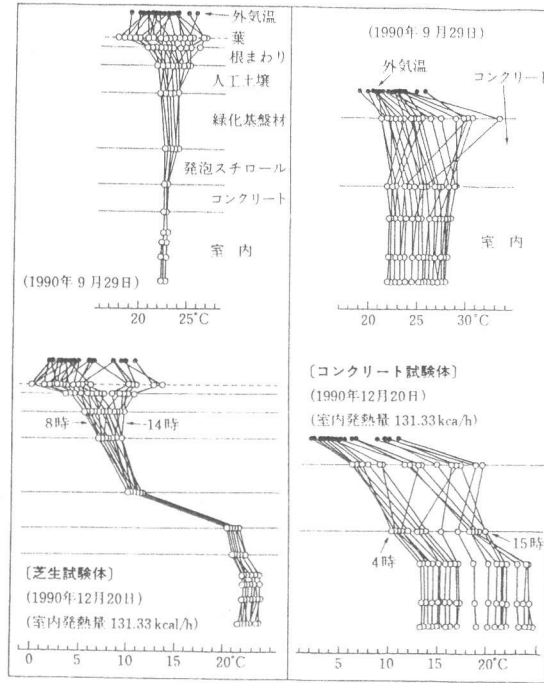


図-3.1 夏季・冬季における屋上による温度制御効果[梅干野]

3. 4 遮音・吸音

植栽により、遮音・吸音効果が得られることは、従来の実測結果より明らかにされている。但し、その効果は、音の性質、植栽方法等によっても変化することが知られており、既往の研究成果をとりまとめると表-3.2に示すとおりである。

表-3.2 植栽による遮音・吸音効果

影響因子		遮音・吸音効果
対象音の周波数	2Hz 以上	大
	500Hz ~ 2KHz	中
	500Hz 以下	小
植栽幅	20m以上	大
	10m~20m 程度	中
	10m 以下	小
植栽密度	高・中・低木の組合せ	大
	普通	中
	低い	小

3. 5 大気浄化

緑化による大気浄化とは、酸素供給、炭酸ガス吸収、NO_x、SO_x等の大気汚染物質の吸収・吸着が考えられている。これらガス等の吸収には、図-3.2に示しように気孔の開度がその指標の

一つとなっている。

排出するNO_x、SO_xの概そ1~3%が植栽により吸収されている。また最近注目されている温暖化現

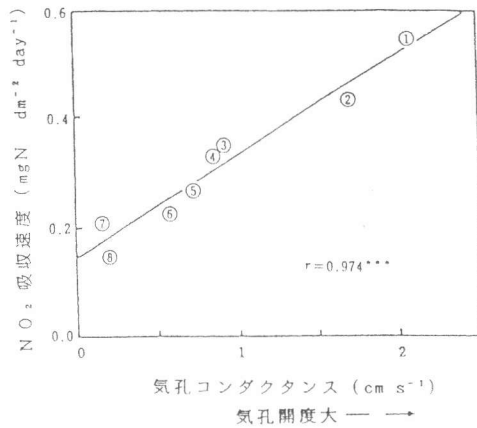


図-3.2 NO₂吸収速度と気孔開度の関係[国立公害研究所]

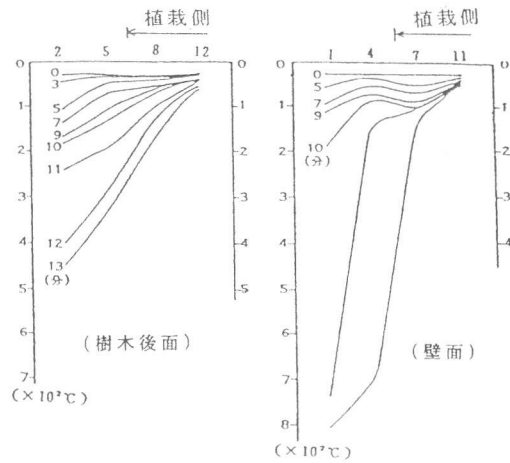


図-3.3 植栽による防火効果¹³⁾

象に関連し、植栽による二酸化炭素固定(炭素配合物への変換)について調査研究も進められている。

3.6 防風・誘風

植栽により風を制御することは、防風林を始めとして古くから知られている。また、最近では大型プロジェクトにおいて風洞実験による防風・誘風の子測手法も用いられてきており、植栽による風環境の変化が定量的に把握されつつある。更には、表-3.3¹¹⁾に示すような各空間用途別に許容強風レベルも提案されている。

表-3.3 強風に関する風環境評価尺度¹¹⁾

強風による影響の程度	対応する空間用途の例	評価する強風のレベルと許容される超過確率		
		日最大瞬間風速 (m/秒) 10 : 15 : 20	日最大平均風速 (m/秒) 10/G.F. : 15/G.F. : 20/G.F.	超過確率
ランク1 最も影響を受けやすい用途の場所	住宅地の商店街 野外レストラン	10.0% (37日)	0.9% (3日)	0.08% (0.3日)
ランク2 影響を受けやすい用途の場所	住宅地 公園	22.0% (80日)	3.6% (13日)	0.6% (2日)
ランク3 比較的影響を受けにくい用途の場所	事務所街	35.0% (128日)	7.0% (26日)	1.5% (5日)
ランク4	ランク3を超える風環境			

[注] G.F. : 突風率 G.F. = 2.5

3.7 防火¹²⁾

植栽による防火メカニズムは、樹木が火災に直面して、放出する水蒸気量(含水比)が延焼を緩和することである。一般に樹木の含水比は、葉で100~400%、枝で75~150%である。

しかし、火災の程度によって変化するが、防火効果を得るには、樹木の重量が30~60 t 植栽面積として500m²程度必要である。

図-3.3は、実大火災実験より得られた温度変化であり、植栽側の温度上昇が極めて小さい(延焼防止)ことがわかる。このように、植栽による防火効果は、コンクリート構造物の耐火性能上の補助手段ともなり得ることを示している。

3.8 生態系

植栽が生態系に及ぼす効果は定性的に認められているものの、定量的に把握することは、困難

な現状にある。その理由として、環境を評価するパラメータ(例えば、植物の種類、魚類の種類、水質等)が多く、いずれを指標とするか定まっていなことが挙げられる。

また、かなり広範囲(例えば100~1000ha)を対象領域とすることから、十分な精度での調査結果が得られにくく、定量評価に至っていないことが考えられる。

4. コンクリート構造の耐久性に対する緑化の効用

4. 1 基本概念

本章では、コンクリートに要求される『耐久性能』に及ぼす緑化の効用を3章で述べた内容に基づき定量的に評価し、コンクリートの耐久性向上に資する手法を提案することを目的とした。

緑化はコンクリート表面の環境条件を変化させる要因と考えられる。したがって、緑化による種々の物理的効用の定量評価は、コンクリートを取り巻く環境を変化させるものとして、耐久性能の評価にリンクさせることができる。今日、提案されている耐久性能評価法として、土木学会¹³⁾およびコンクリート工学協会¹⁴⁾の設計試案が提案されている。緑化の効果をコンクリートを取り巻く環境の変化としてとらえるのであれば、土木学会の性能評価法に無理なく組み入れられる。これは、図-4. 1形式Aに示す通り、コンクリートと緑との間に一線を引き、緑は環境とともに『外力』或いは『荷重』として認識される。コンクリート側は『荷重』受け止める対象構造、あるいは『耐力』的存在である。作用と抵抗との大小関係から耐久性能を判定するのである。作用のレベルと抵抗のレベルとの離れ具合は、安全率であり、その値は作用と抵抗に関する評価技術とその精度、さらには社会からの要求レベルによって決定されるものである。

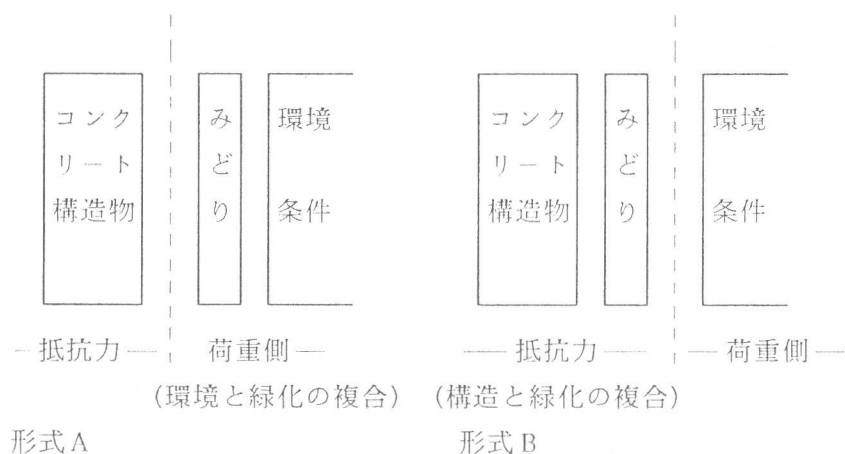


図-4. 1 緑とコンクリート構造物の関係

一方、環境とコンクリート間に存在する緑を、コンクリート構造側にとり入れ、コンクリートと緑をもって、環境に抵抗する対象とすることも可能である(形式B)。即ち、緑はコンクリートかぶりの一部とする考え方である。この場合、環境条件によって異なるかぶりの要求値と、実際のかぶりとを比較するフォーマットをとる、コンクリート工学協会提案の耐久設計試案に乗せて、緑化の効用を考えることが容易である。

耐久性能の判定方法は、最終的に確保したい要求性能を明記すれば、何れの方法に従っても同じ工学的な結果を得ることができる。その意味で、上記2つの方法は、それぞれ耐久性能に対す

る限界状態設計の思想を踏襲しているといってもよい。

4. 2 環境要因としての緑化の位置づけ(土木学会試案に準拠して)

土木学会・耐久設計試案と緑化による効用とのリンクとして、緑化をコンクリート表面での環境条件(温度、湿度、平均風速)の変化として与え、コンクリート構造の要求される耐久性指数をどの程度、低下(緩和)させることが可能かを試算する。すなわち、耐久設計において設定している環境指数(一般の条件下では100)をどの程度、緑化による効用によって変化させることができるかを、試算するである。今後、耐久設計試案の精度と各種環境への適用性の向上が図られれば、より直接的に緑化の物理的効用を関数値として取り入れることができる。

4. 3 等価かぶり厚さとして緑化を評価する方法

コンクリート工学協会による耐久性の検討方法は以下の式による。

$$C_{de} < C$$

C_{de} は劣化深さ(時間の関数)、 C は等価かぶり厚さである。緑化の効用は環境の変化として物理的に現れ、それが劣化深さを算定する際に考慮される。具体的には C_{de} 算定における環境係数となる。この係数は屋外・屋内、地域等のカテゴリから決定されるが、温度、湿度、風速等の数値によって定量化されているものではなく、換算を行うことになる。ここで緑化による C_{de} の変化(減少: プラスの効用)を $-\Delta C_{de}$ とすれば、 ΔC_{de} は、上式より等価換算かぶり厚さに等しくなる。

$$C_{de} < C + \Delta C_{de}$$

4. 4 緑化による耐久性評価例¹⁴⁾

1991年5月に刊行された、日本コンクリート工学協会・鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計法研究委員会編・「鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方」での適用例のうち「II-4埋立地に鉄筋コンクリート造集合住宅への適用例」(pp.149-152)¹⁴⁾を参照にさせていただき、緑化による耐久性評価例の一つとして述べさせていただく。なお、紙面の制限上、緑化効用部分のみを記述する。

I. 設計基本条件(文献(14)と同一)

なお、緑化方法として構造物の周辺に高さ3~4m程度の樹木を配置したものとする。

II. 基本仕様に対する検討(文献(14)と同一)

III. 劣化耐久性に対する検討

()内数値は、緑化前の値を示す。

III. 1 中性化による劣化

(1) 中性化環境係数

JCI「鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方」“5. 2 環境係数”の解説より、水セメント比60%の場合、環境係数 E_n 、すなわち、中性化速度係数 A は、次式で表される。

$$E_n = A = -0.001022H^2 + 0.093H + 0.0159T - 0.5070 \quad (1)$$

H : 湿度 T : 温度

一方、文献(15)によると、緑化の有無により、3℃程度の温度差が生じる。ここでは、緑化されたことにより年平均気温が3℃下がると考える。東京の年平均気温は、15.3℃であることから、緑化された空間での年平均気温は、15.3-3=12.3℃になると設定した。

以下から、式(1)により環境係数 E_n を計算する。ただし、湿度は不変とする。

$$E_n = -0.001022 \times 66^2 + 0.093 \times 66 + 0.0159 \times 12.3(15.3) - 0.5070 = 1.37(1.42)$$

都市部補正係数を考慮する。すなわち、 $E_n = 1.37(1.42) \times 1.15 = 1.58(1.63)$

(2) 中性化品質係数 $Q_n = Q_w/c \times Q_c \times Q_a = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 1.0$

(3) 設計・施工による品質係数

$$Q_{D,c} = Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \times Q_4 = 1.2(1.1) \times 0.9 \times 1.0 \times 1.0 = 1.08(0.99)$$

$Q_1 = 1.2(1.1)$ 緑化による温度制御効果を考慮し、ひび割れ幅0.2mm以下に制御

(4) 劣化かぶり厚さ

$$C_{de} = 0.4 \times \frac{E_n}{Q_n \times Q_{D,c}} \times \sqrt{t} = 0.4 \times \frac{1.58(1.63)}{1.0 \times 1.08(0.99)} \times \sqrt{50} = 4.1(4.7) \text{ cm}$$

(5) 等価かぶり厚さ $C = C_o - C_e + C_a = 7.0 - 1.0 + 1.0 = 7.0 \text{ cm}$

(6) 判定 $C_{de} = 4.1(4.7) \text{ cm} < C = 7.0 \text{ cm}$ O.K

Ⅲ. 2 塩分浸透による劣化

(1) 塩害環境係数

塩害に係わる環境係数 E_{cl} は、式(2)で表される。

$$E_{cl} = E_d \times E_e \quad (2)$$

ここに、 E_d : 基本環境係数 = 1.0、 E_e : 環境条件を考慮に入れた補正係数

建築物周辺に緑化を施すことにより、乾湿繰返し回数、ぬれ時間、海風比率が低下することが考えられるため、 E_e を0.9から0.8に低減させる。

$$E_{cl} = 1.0 \times 0.8(0.9) = 0.8(0.9)$$

(2) 塩害品質係数 $Q_{cl} = Q_w/c \times Q_c = 1.0 \times 1.0 = 1.0$

(3) 設計・施工による品質係数(中性化の場合と同様)

$$Q_{D,c} = Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \times Q_4 = 1.2(1.1) \times 0.9 \times 1.0 \times 1.0 = 1.08(0.99)$$

(4)劣化かぶり厚さ

$$C_{de} = 1.3 \times \frac{E_{cl}}{Q_{cl} \times Q_{D,c}} \times \sqrt{t} = 1.3 \times \frac{0.8(0.9)}{1.0 \times 1.08(0.99)} \times \sqrt{50} = 6.8(8.4) \text{ cm}$$

(5)等価かぶり厚さ(中性化の場合と同様) $C = C_0 - C_e + C_a = 7.0 - 1.0 + 1.0 = 7.0 \text{ cm}$

(6)判定 $C_{de} = 6.8(8.4) \text{ cm} < C = 7.0 \text{ cm}$ O.K

但し、緑化を行わない場合は、所要の耐久性を満足しない。

IV. まとめ

以上の結果を表-4. 1にとりまとめた。この表より、緑化により中性化・塩害に対する耐久性が向上することを示している。

緑化することによって平均温度が下がり、それよりも増してコンクリート表面温度の日変化が小さくなるが、今回検討したJCIの計算方法では、コンクリート表面温度の日変化が計算に組み入れられていないため、コンクリート表面の温度日変化を考慮することができなかった。しかし、コンクリートの耐久性には、コンクリート表面の日変化が大きく影響するものと考えられ、今後、耐久性設計手法についても検討、修正していく必要があるものと考えられる。

表-4. 1 緑化による耐久性向上効果

	緑化前 (cm)	緑化後 (cm)
中性化による劣化かぶり厚さ	4.7	4.1
塩害による劣化かぶり厚さ	8.4	6.8

[参考文献]

- 1) 石井、元田：景観工学、鹿島出版会：1990
- 2) 関：特集：水辺の景観設計とデザイン「水辺の風景とつくる」：土木技術第47巻8号
- 3) 位奇：特集：環境とコンクリート「環境設計」：コンクリート工学：Vol. 30, No. 7, 1992. 7
- 4) 島谷：特集：水辺の景観設計とデザイン「河川の景観設計」：土木技術第47巻8号
- 5) 長瀧、岡本、住吉、堀口：コンクリート構造物の緑化による美観性の向上とその評価方法、第44回セメント技術大会講演集：1990
- 6) 瀧：建築と緑、学芸出版社：1992. 8
- 7) 堀口・梅干野・何江・王革：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究 その1(実験概要と芝生植栽の断面温度分布)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1991
- 8) 王革・梅干野・何江・堀口：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究 その2(芝生試験体の水収支について)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1991
- 9) 何江・梅干野・王革・堀口：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究 その3(芝生植栽試験体の等価熱貫流率)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1991
- 10) 堀口・梅干野・何江・王革：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究 その4(葉群層における温度と熱流の日・年変動特性)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992
- 11) 村上、岩佐、森川：居住者の日誌による風環境調査と評価尺度に関する研究、日本建築学会論文報告集、325号、1983. 3
- 12) 岩河：火災と緑、都市計画、128、PP. 34~42、1983
- 13) 土木学会：コンクリート構造物の耐久設計指針、コンクリートライブラリー第65号、1989. 8
- 14) 日本コンクリート工学協会：鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方、JCI-C24、1991. 5
- 15) 石田、荒谷：緑道に形成される夏の微気象調査結果—快適な屋外歩行者の空間の計画のため—、日本建築学会大会学術講演梗概集、PP. 349~350、1993. 9